

»UNVOLLENDETE TECHNIK«!?

EINE EXPERIMENTALARCHÄOLOGISCHE STUDIE AM MODELL EINES MAYENER TÖPFEROFENS (2. HÄLFTE 12./1. HÄLFTE 13. JAHRHUNDERT)

Im 12./13. Jahrhundert vollzog sich im Rheinland und in den benachbarten Keramiklandschaften innerhalb eines relativ kurzen Zeitraumes ein bemerkenswerter Wandel im Formenspektrum und vor allem in der Technologie der Keramikproduktion. Bei Brennendtemperaturen von 1000°C und höher wurden Keramikgefäße gebrannt, die weniger anfällig gegen mechanische Beanspruchung waren und deren Scherben auch eine geringere Wasseraufnahmefähigkeit sowie eine größere Resilienz gegen chemische Einflüsse aufwiesen als bei älteren Warenarten¹. Um die gewünschten Materialeigenschaften zu erzielen, musste ein Versintern (= weitgehendes Aufschmelzen) der Tonmasse angestrebt werden. Tatsächlich konnte in vielen Fällen nur eine Teilversinterung des Scherbens erreicht werden. Abhängig vom Grad der Versinterung sprechen die Archäologen von Proto- bzw. Faststeinzeug². Wir können die Entwicklung im 12./13. Jahrhundert also als einen überregional fassbaren Entwicklungsschub im Töpferhandwerk interpretieren, der ohne verbesserte Brennverfahren und die Aufbereitung geeigneter plastischer Werkstoffe nicht möglich gewesen wäre. Das setzt wiederum voraus, dass für die Töpfer geeignete wirtschaftliche Rahmenbedingungen existierten, die entsprechenden Bestrebungen förderlich waren. Die relativ schnelle überregionale Sichtbarkeit des Phänomens lässt darüber hinaus auch einen regen Austausch zwischen Töpferstandorten plausibel erscheinen³.

Man könnte dieser Interpretation der technischen Entwicklung im Töpferhandwerk, die von einer allgemeinen Aufbruchstimmung profitierte, ohne dass wir deren Auswirkungen auf das Handwerk im Detail nachvollziehen können, freilich auch eine andere Deutung entgegensetzen: Im Fall der Proto- und Faststeinzeugphase des 12./13. Jahrhunderts steht für viele Produktionsstandorte die Frage im Raum, ob man nicht viel eher von technologischen Irrwegen oder einer Phase der Stagnation sprechen müsste. Schließlich gelang die Etablierung einer echten Steinzeugproduktion im Rheinland nach der aktuellen Forschungsmeinung zunächst in Siegburg (Rhein-Sieg-Kreis)⁴, wo besonders geeignete Steinzeugtone vorhanden waren. Sieht man die Produktion von Steinzeug mit einem weitgehend versinterten Scherben als das direkte Ziel der Töpfer, dann könnte man jene Produktionsstätten, wo das nicht gelang, als gescheitert ansehen und sich auf die erfolgreichen Entwicklungswege konzentrieren. Eine solche Fixierung auf erfolgreiche Innovationen vernachlässigt jedoch moderne Forschungsansätze der Technikgeschichte. Im anglophonen Sprachraum richtete man schon in den 1950er Jahren den Fokus auch auf gescheiterte Innovationsversuche⁵. Im deutschsprachigen Raum ist das Interesse daran in den letzten Jahren noch gestiegen⁶. Es gibt jedoch auch gute Gründe, den Entwicklungshorizont des Proto- und Faststeinzeugs als eigenständiges technik- und wirtschaftsgeschichtliches Phänomen zu analysieren und nicht nur als Vorgeschichte der Steinzeuginnovation, deren Genese heute unter naturwissenschaftlichen Gesichtspunkten als geklärt gelten kann. Auch nach Beginn der Steinzeugproduktion wurde an vielen Töpfereistandorten weiterhin Proto- und Faststeinzeug produziert⁷. Hier kann der Fokus der Untersuchungen nicht mehr auf der Steinzeuginnovation liegen. Vielmehr bieten sich die Problemlösungsstrategien der Töpfergruppen als Forschungsfeld an: Wie versuchte man, etablierte Ofenbauprinzipien für die neuen Herausforderungen zu variieren und die verfügbaren Rohstoffe



Abb. 1 Töpferofen 11/1986: **a** im Profil. Gut zu erkennen sind der Riss auf der Brennraumsohle und die Anschüttung unterhalb der Brennraumsohle. Der vordere Bereich des Brennraums ist nicht erhalten. – **b** von oben. In der Arbeitsgrube sind Kugeltöpfe aus dem ursprünglichen Besatz zu sehen. – (Fotos GDKE Rheinland-Pfalz, Koblenz).

für die neuen Aufgaben anzupassen? Der Töpfer als Homo faber⁸ und der Umgang mit dem Erfahrungswissen seiner Gemeinschaft bei der Bearbeitung technischer Herausforderungen stehen im Zentrum des Forschungsinteresses.

Technikgeschichtliche Studien, die den Töpfer als Homo faber ins Visier nehmen wollen, müssen die Möglichkeit bieten, Einzelbefunde in diachroner Perspektive betrachten und einordnen zu können. Darüber hinaus sollte ein Vergleich mit Befunden von Töpfereirevieren angrenzender Regionen grundsätzlich möglich sein.

TÖPFEROFEN 11/1986: DISKUSSION WESENTLICHER KONSTRUKTIONSELEMENTE

Das Mayener Töpfereirevier (Lkr. Mayen-Koblenz) eignet sich für wissenschaftliche Überlegungen nicht nur aufgrund des Forschungsstandes, der Quellenüberlieferung und der regional dauerhaft präsenten Forschungsinfrastrukturen. Die Mayener Töpfer agierten im 12./13. Jahrhundert in einer Keramiklandschaft, in der sich später z. B. in und um Speicher (Eifelkreis Bitburg-Prüm), Siegburg und im Kölner Raum sowie im Westerwald eine Steinzeugproduktion etablieren konnte⁹. Aus heutiger Kenntnis wissen wir, dass im Mayener Raum keine herausragend geeigneten Steinzeugtone zur Verfügung standen¹⁰. Aus moderner materialwissenschaftlicher Sicht waren den Bemühungen der Mayener Töpfer also Grenzen gesetzt¹¹. Auf der anderen Seite steht, dass die Mayener Töpfer mit der Entwicklungsmöglichkeit eines teilversinterten Gefäßscherbens schon vor dem Hochmittelalter in Kontakt gekommen waren. Bereits im 5. Jahrhundert und in der Karolingerzeit ist zu beobachten, dass bei den Brennvorgängen auch teilversinterte Gefäße entstehen konnten¹². Für die Karolingerzeit kann aufgrund des quantita-

tiven Umfangs der Faststeinzeugproduktion von einem intendierten Versinterungsprozess ausgegangen werden. Für die erste Hälfte des 9. Jahrhunderts lässt sich erstmals das Konstruktionsprinzip des liegenden Ofens in Mayen belegen¹³. Faststeinzeug konnte jedoch nachweislich auch in stehenden Öfen entstehen. Der Betrieb von liegenden und stehenden Öfen lässt sich in Mayen noch bis in die zweite Hälfte des 9. und

Töpferofen 11/1986 – Grabungsbefund		Töpferofen 11/1986 – Modell 1:3	
Konstruktions-einheit	Maße	Maße	Bemerkungen bei Abweichungen vom 1:3-Maßstab aus technischen Gründen
Feuerungskanal/ Schürkanal	Länge: 1,50 m Höhe: 0,60 m	0,50 m 0,20 m	Die Höhe von 0,20 m ist zu knapp, hier sollten mindestens 0,30 m lichtetes Maß vorliegen. Nur so können ein ausreichender Feuerdurchlass und die Aufnahme der notwendigen Menge an Brennmaterial gewährleistet sein.
Feuergitter/Säulen	Höhe: 0,60-0,70 m Querschnitt: 0,20 m × 0,20 m	0,30 m 0,07 m × 0,07 m bzw. 0,10 m × 0,10 m	Die Höhe muss entsprechend der Änderung des Schürkanals auf 0,30 m angepasst werden.
Brennraum	Breite: 1,20 m hinten, 1,60 m am Schürkanal Länge: 2,20-2,50 m (Brennraumsohle und Wandung im hinteren Bereich halbrund ausgeführt, daher liegt die längste Ausdehnung genau in der Mitte des Ofens) Rekonstruierte Höhe (Oberkante Sohle des Feuerungskanals bis Oberkante Brennraum): 2,25 m	Breite: 0,50-0,60 m Länge: 0,90 m Höhe: 0,80 m (Oberkante Sohle des Feuerungskanals bis Oberkante Brennraum hinten)	Etwas breiter und länger als im Verhältnis 1:3. Bei der Verkleinerung des Maßstabes muss immer beachtet werden, dass Proportionsverhältnisse aus brenntechnischer Sicht beibehalten werden. Dementsprechend muss die Vergrößerung des Schürkanals eine entsprechende Erweiterung der Brennraumgröße zur Folge haben.
Feuerzüge	Breite: 0,20-0,24 m Höhe: 0,10 m	Breite: 0,10 m Höhe: 0,06 m	Maße gegenüber dem Maßstab 1:3 vergrößert, weil sonst nicht genügend Luft unter dem Besatz durchstreichen würde.
Arbeitsgrube	Länge: 1,60 m Breite: 1,20 m Höhe: 0,20-0,30 m	Länge: 0,80-1,00 m Breite: 0,60-0,70 m Höhe: 0,20 m	Arbeitsgrube muss deutlich größer als 1:3 sein, da sonst kein Platz zum Feuern des Ofens vorhanden ist.
Neigung Ofensohle Neigung der Brennraumwand hinten	23° 80°	30° 80°	Die Neigung der Ofensohle wurde bewusst steiler ausgeführt, um ein Maximum bzw. Optimum für den Anstiegswinkel der Ofensohle ermitteln zu können.
Gesamtlänge der Anlage mit Arbeitsgrube	5,60 m	2,20 m	

Tab. 1 Konstruktionsmaße des Originalbefunds und des Modells. – (G. Döhner / L. Grunwald / E. Hanning / M. Herdick / A. Axtmann).

im 10. Jahrhundert nachweisen; noch weiter darüber hinaus ist er als sehr wahrscheinlich anzunehmen¹⁴. Das über Jahrhunderte aufgebaute Erfahrungswissen aus dem zeitgleichen Betrieb von liegenden und stehenden Ofenanlagen floss in die Konstruktion des Töpferofens 11/1986 ein (Abb. 1a-b; Tab. 1)¹⁵, der von Mark Redknap als Grundform E beschrieben und von Andreas Heege als Typ Mayen angesprochen wurde¹⁶. Man hatte versucht, Elemente stehender Ofenkonstruktionen in einen liegenden Ofen zu integrieren. Die

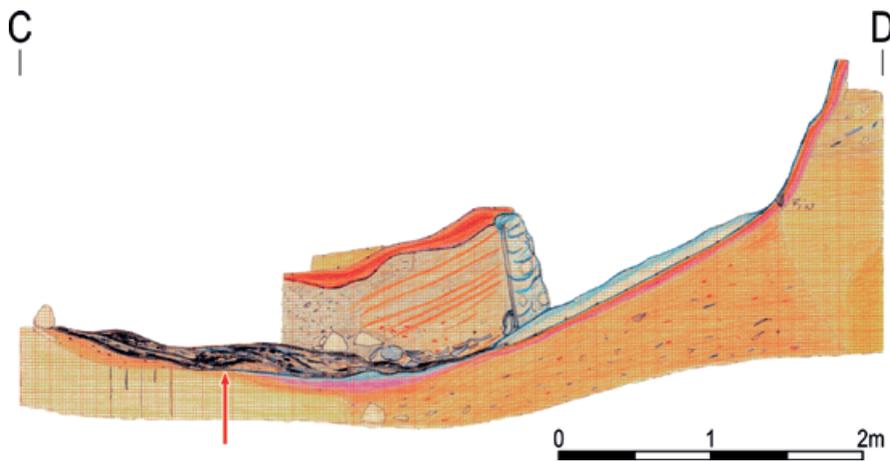


Abb. 2 Töpferofen 11/1986, Profil C-D: Der rote Pfeil markiert das Ende der Verziegelung unter dem Schürkanal. Damit ist ein wichtiger Hinweis auf die ursprüngliche Länge des Schürkanals gegeben. Gut zu erkennen ist auch die Anschüttung unter der Brennraumsohle. – (Zeichnung GDKE Rheinland-Pfalz, Koblenz).

Tenne war scharnierartig nach vorne ausgerichtet und markierte umgeformt zum Feuergitter den Übergang zum Feuerungskanal. Gleichzeitig wurde eine nach hinten ansteigende Brennraumsohle hinzugefügt, die nun zur Einsetzebene des Besatzes wurde (**Abb. 2**). Anders als bei liegenden Öfen üblich, durchströmte die Flamme daher nach dem Passieren des Feuergitters den Besatz nicht annähernd horizontal, sondern wurde, begünstigt durch den steilen Anstieg der Brennraumsohle im Winkel von 23° , diagonal nach oben geführt und zu einem vertikalen Durchstreichen des Besatzes im oberen Bereich des Brennraumes gezwungen. Dadurch sparte man sich die Konstruktion einer stützenden Säule für die Tenne und konnte trotzdem in Teilen des Ofens einen vertikalen Flammenzug erzeugen. Holzabdrücke an den Feuersäulen zum Schürkanal, die unzureichend dokumentiert sind, lassen zwei Interpretationen möglich erscheinen: Eine Erklärung wäre der Einsatz einer Verschalung, die während des Ofenbaus die Säulen stützt, um die darüber aufgehende Ofenwandung im Trocknungsprozess zu stabilisieren. Die andere Möglichkeit besteht in einer Vorfertigung der Säulen in einer Holzform vor dem Einbau in den Ofen. Dadurch kann der Querschnitt der Säulen präzise festgelegt und die Tonmasse so eingeschlagen werden, dass diese verdichtet und ohne größere Luft einschüsse den hohen Anforderungen an dieser statisch sensiblen Stelle der Ofenkonstruktion gerecht werden kann.

Dieser Befund eignet sich also im besonderen Maße, um methodische Ansätze zur Untersuchung von Entwicklung und Experimentierverhalten im Töpferhandwerk zu erproben.

Diese Ofenkonstruktion integrierte – nach derzeitigem Kenntnisstand – relativ unvermittelt konstruktive Elemente von Entwicklungslinien, die bislang getrennt verlaufen waren. Unter typologischen Gesichtspunkten betrachtet, könnte man sie durchaus auch als traditionalistischen Rückgriff bewerten. Berücksichtigt man noch, dass keine eigenständige Weiterentwicklung dieses Ofentyps erkennbar ist, liegt die Vermutung nahe, dass es sich um einen gescheiterten Entwicklungsversuch handelte. Ein erster Blick in die Grabungsdokumentation liefert dafür durchaus Indizien. Auf der Brennraumsohle ist ein Riss zu erkennen (**Abb. 1a-b**), der als Beleg dafür interpretiert werden könnte, dass der Ofen während des Brennbetriebes kollabierte. Hinweise auf gestapelte Fehlbrände im Brennraum, die allerdings nur unzureichend dokumentiert sind, ließen sich zur Unterstützung dieses Ansatzes anführen. Bei eingehenderer Analyse der Grabungsdokumentation zeigt sich jedoch, dass diese Ofenkonstruktion mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht im Brennbetrieb gescheitert ist. Zunächst einmal manifestiert sich das Kollabieren einer liegenden Ofenkonstruktion eher selten an der Sohle des Brennraumes. Die Bruchkanten des Risses, die in der Fotodokumentation gut zu erkennen sind, liefern keine Hinweise für eine Entstehung durch Hitzeeinwirkung. Die detaillierte

Neuauwertung der Grabungsdokumentation führte zu weiteren Erkenntnissen: Teile des Schürkanals und der Brennraumsohle auf der westlichen Seite lagen nicht auf dem anstehenden Sediment auf, sondern auf einer angeschütteten Erdrampe. Diese Befundlage kann bedeuten, dass der Riss durch Druck von oben entstanden ist, weil das Sediment unter der Brennraumsohle für hohe mechanische Beanspruchung nicht ausreichend verdichtet war. Wahrscheinlich ist der Riss auf Baufahrzeuge zurückzuführen, die diesen Bereich während der Bauarbeiten, die Auslöser der Grabungen waren, befuhren. Die Aufschüttung unter dem Ofen könnte mehrere Ursachen haben, die einerseits auf Probleme im Brennbetrieb verweisen, aber andererseits – und das ist das Entscheidende – vor allem einen längerfristigen Brennbetrieb belegen. Sie könnte das Resultat einer Reparatur des Schürkanals sein oder einer Neuaufschüttung des Gefälles für die gewünschte Neigung der Brennraumsohle. Eine regelhaft wiederkehrende Herausforderung jeder Ofenrekonstruktion ist es, aufgrund der unzureichenden Erhaltungsbedingungen die Frage der ursprünglichen Höhe und Gestaltung des oberen Abschlusses der Ofenwandung zu klären. Da im Befund der vordere Teil der Brennraumwandung gänzlich fehlte, stellt sich die Frage, ob die vordere Wandung genauso hoch wie die hintere war. Es gilt also zu klären, ob der Brennraum einen horizontalen Abschluss bildete oder ob die vordere Wandung tiefer lag. Im letztgenannten Fall erweitert sich der Querschnitt der Brennraumöffnung. Als Folge davon ließen sich die Gefäße leichter im Bereich des Brennraumes einsetzen, der hinter den Säulen liegt und den tiefsten Punkt des Brennraumes bildet. Allerdings verringert sich bei dieser Konstruktion das Brennraumvolumen.

Die Länge des Schürkanals ließ sich nach eingehender Analyse der dokumentierten Veriegelung der Schürkanalsole überzeugend rekonstruieren (**Abb. 2**). Eine Veriegelung, wie sie das unten liegende Sediment mit bindigen Anteilen aufwies, entsteht nur durch längere, kontinuierliche Hitzeeinwirkung. Das kurzzeitige Herausnehmen von Glut aus dem Schürkanal während des Brennverlaufes stellt keine ausreichende Hitzeeinwirkung dar, um eine flächigere Veriegelung herbeizuführen. Die vorliegende Grabungsdokumentation erbrachte keine Hinweise auf eine Hilfskonstruktion der gewölbten Abdeckung des Schürkanals. Grundlegende Fragen zur Konstruktionsweise warf auch die Ofenwandung als Ganzes auf. Die Stabilität wurde ausschließlich mit Lehm erreicht – und das, obwohl der Feuchtegehalt der Konstruktion während des Aufbaus extrem hoch gewesen sein muss. Die im Befund dokumentierte geringe Wandungsstärke des Ofens von 0,07-0,10m legt die Vermutung nahe, dass für thermische Spannungen, die während des Brandes zwangsläufig auftreten, nur ein geringer Spielraum zur Ableitung bestand. Als Folge davon hätten große Rissbildungen auftreten können. Für eine betriebsfähige Rekonstruktion wäre es demnach wichtig, vor der Errichtung zu wissen, wo diese Risse genau liegen können, ob sie z. B. Auswirkung auf die vordere Brennraumwandung haben und gegebenenfalls zur Destabilisierung der Ofenanlage führen können.

WARUM EIN MODELLBAU?

Die Diskussion neuralgischer Konstruktionsdetails zeigte sehr deutlich, dass es ein Bündel von Fragen gibt, zu denen eine Entscheidung getroffen werden muss, bevor eine betriebsfähige und sichere Rekonstruktion gelingen kann. Die Entscheidungsfindung kann nicht durch die Durchführung einzelner Experimente herbeigeführt werden, sondern nur im Kontext der Gesamtkonstruktion. Aus diesem Grund fiel die Entscheidung für die Entwicklung eines technischen Modells. Ein solches Modell muss alle für die technische Rekonstruktion zur Diskussion stehenden Konstruktions- und Funktionsdetails beinhalten und alle wesentlichen Einwirkungsfaktoren berücksichtigen. Im konkreten Fall wurden die Faktoren Material, Statik, Benutzerfreundlichkeit und Temperatur als wirkungs- und klärungsrelevant definiert. Auf Basis dieser methodischen Vorüberlegungen erfolgte die Planung der Realstruktur¹⁷. Um die geforderten Parameter im Modell auch

mit einem vertretbaren ökonomischen Aufwand repräsentieren zu können, der auch noch Veränderungen von Konstruktionsvarianten erlaubt, bot sich eine Umsetzung in einem Grundmaßstab von 1:3 an (Tab. 1). Damit steht man jedoch vor einer neuen methodischen Herausforderung: Bei einer vollständigen rechnerischen Umsetzung vom Originalbefund zum Modell in einem 1:3-Verhältnis ist die Verwendung als Funktionsmodell nicht mehr gegeben. Bei Brennanlagen muss das Verhältnis zwischen Feuerungsbereich und Brennraum so ausgelegt sein, dass die Sauerstoffzufuhr ausreichend und der Feuerungsraum groß genug für die benötigte Brennmaterialmenge ist, die hier während des Brandes maximal eingebracht werden muss. Als Konsequenz daraus wurde der Schürkanal nicht maßstabsgerecht mit 0,20 m, sondern mit 0,30 m Höhe ausgeführt. Aufgrund der konstruktiven Abhängigkeit mussten die Säulen des Feuergitters ebenfalls entsprechend angepasst werden. Damit eine sinnfällige Temperaturverteilung im Brennraum stattfinden kann, entschied man sich für eine 0,10 m breitere Ausführung. Aus Sicherheitsgründen wurde auch die Brennraumwandung nicht 1:3, sondern im Verhältnis 1:2 reduziert. Bei der Arbeitsgrube vor der Ofenanlage wurde gänzlich auf eine Maßstabsverkleinerung verzichtet, da sonst eine Bedienung des Ofens nur unter erschwerten Bedingungen möglich gewesen wäre.

Für den Bau des diskutierten Töpferofenmodells wurde zunächst eine Rampe mit einer Steigung von 30° aufgeschüttet. Der Steigungswinkel fiel bewusst größer aus als beim Originalbefund. Die Steigung der Brennraumsohle und der oben offene Abschluss des Brennraumes sind die zentralen Konstruktionselemente, die diesen Ofen als technologisches Verbindungsglied zwischen stehenden und liegenden Öfen ausweisen. Der Anstieg der Brennraumsohle war von Vorteil, um die Flamme von vornherein zu einem Anstieg im hinteren Bereich des Brennraumes zu zwingen. Die Feuerzüge auf der Sohle dienten zur Verstärkung dieses Effekts. Sie sorgten dafür, dass die Flamme unter dem Besatz durchstreichen konnte. Dazu wäre ein stärkerer Anstieg der Brennraumsohle, als er als er am originalen Ofenbefund tatsächlich ausgeführt worden ist, durchaus sinnvoll gewesen. Um diese Entscheidung besser nachvollziehen zu können, wurde der Anstieg der Brennraumsohle im Modell auf 30° erhöht. Dieser Winkel liegt noch im vertretbaren Bereich, ohne die Stabilität der Gesamtkonstruktion zu gefährden. Entscheidender Einflussfaktor hierfür ist der natürliche Reibungswinkel von Sedimenten, der je nach Art und Zusammensetzung variieren kann. Im Originalbefund waren Teile der Brennraumsohle aus bindigen Sedimenten mit humosen Anteilen und Holzkohlefragmenten aufgeschüttet worden. Die heterogene Zusammensetzung des Sediments beeinflusst auch den Reibungswinkel. Dieser gibt an, unter welchem Winkel ein Festkörper oder – wie in diesem Fall – ein körniges Material belastet werden darf, ohne seine Position unkontrolliert zu verändern. Die Belastung für die künstliche Anschüttung besteht im konkreten Fall aus dem Gewicht des Ofens und im Brennbetrieb noch zusätzlich aus dem Gewicht des Besatzes. Während des Trocknungsvorgangs des Ofens beginnt sich die Ofenanlage auf der Anschüttung zu bewegen, da sich aufgrund der Trockenschwindung der Tonmasse, die das Baumaterial des Ofens bildet, der Baukörper zusammenzieht und im Volumen schrumpft. Verstärkt wird dieser Effekt durch die Brennschwindung während des ersten Brandes zur Verfestigung des Ofenkörpers. Die Größe des Reibungswinkels ist aber nicht nur abhängig von der Körnung des Sediments, sondern auch von dessen Feuchtigkeitsgehalt. Mit Zu- oder Abnahme der durch den Feuchtigkeitsgrad bestimmten Kohäsion verändert sich der für die Stabilität kritische Reibungswinkel der Anschüttung. Daraus ergibt sich für den Betrieb des rekonstruierten Ofens folgende Schlussfolgerung: Während des Brandes erhitzt sich die Brennraumsohle zwangsläufig stark, wodurch die Feuchtigkeit aus dem Sediment darunter entzogen wird und der Reibungswinkel abnimmt. Dadurch hätte die Ofenanlage mit einer zu steilen Neigung der Brennraumsohle – nahe am Maximum – während des Brandes ins Rutschen geraten können. Für das Modell wurde mit der gewählten 30°-Steigung der Anschüttung ein Winkel gewählt, der mit Blick auf die Gesamtstatik der Konstruktion noch zuverlässig stabil erschien, um einschätzen zu können, welche Spielräume für den Anstieg der Brennraumsohle auf der Basis von Erfahrungswissen tatsächlich bestanden.



Abb. 3 Der Schürkanal des Ofenmodells vor der Auffüllung des Erdreichs. – (Foto E. Hanning, RGZM).

Die praktische Erfahrung beim Bau des Ofenmodells lieferte auch belastbare Argumente für die Fertigung und Installation der Feuergitter am Originalbefund (**Abb. 1a**). Die Vorfertigung der Feuersäulen in Holzformen vor dem Einsetzen in die Ofenkonstruktion hatte einen klaren Vorteil: Lässt man die Säulen vorab ausreichend trocknen, dann erhöht sich deren Tragkraft im ungebrannten Zustand erheblich und die Stabilität des darüber liegenden Bereichs der Ofenwandung ist im Zuge des Ofenbaus höher.

Ein weiteres konstruktives Detail, dessen Klärung mit dem Modell verfolgt werden sollte, war die Bauweise des Schürkanals (**Abb. 3**), der bei diesem Ofentyp zugleich auch der Feuerungsraum war. Die Dokumentation des Originalbefundes lieferte dazu keine weiterführenden Hinweise. Beim Modellbau testete man den Einsatz eines Flechtwerks aus Weideruten, die zuvor ausreichend gewässert worden waren, um die nötige Flexibilität zur Formgebung zu besitzen. Dieser Ansatz erwies sich jedoch in der Praxis als wenig praktikabel und unverhältnismäßig aufwendig. Als Schlussfolgerung daraus empfiehlt sich daher für den Bau einer 1:1-Rekonstruktion eine andere Konstruktionsmethode: Auf die Sohle des Schürkanals wird feuchter Sand aufgebracht, der lagenweise verdichtet und so modelliert wird, dass seine Kubatur die Form des künftigen Schürkanals annimmt. Anschließend kann auf den Sand die Baumasse aufgelegt und der Kanal konstruiert werden. Nach dem Ansteifen der Ofenbaumasse kann der Sand wieder entfernt werden.

Der Modellbau führte noch zu weiteren Erkenntnissen, die wichtig für die Realisierung einer 1:1-Rekonstruktion des Töpferofenbefundes zur experimentalarchäologischen Evaluierung waren. Da die Ofenwandung ausschließlich aus Lehm und ohne weitere Stützelemente errichtet wurde, muss nach den Erfahrungen des Modellbaus von einer deutlich längeren Gesamtbauzeit ausgegangen werden. Der Bau der 1:1-Rekonstruktion sollte in mindestens zwei Abschnitten erfolgen, wobei zunächst die Brennraumsohle mit den Feuerzügen rekonstruiert wird. Anschließend ist eine witterungsabhängige Trocknungszeit einzuhalten. Der Ofen muss sich aufgrund der Trockenschwindung bewegen können. Voraussetzung dafür ist, dass der Untergrund diese Bewegungen ermöglicht und dass keine Auflast von oben das verhindert. Anderenfalls könnte das zu Rissen in der Brennraumsohle führen.

Im Anschluss an diese Phase kann mit der Errichtung der aufgehenden Konstruktion begonnen werden, bei der ebenfalls eine zusätzliche Trocknungsphase sinnvoll werden könnte. Beim Bau der Ofenwandung für das Modell wurde darüber hinaus deutlich, wie evident wichtig das Erreichen einer einheitlichen Wandungsstärke an jenen Stellen ist, die es konstruktiv zulassen. Bei der Trocknung des Modellkörpers zeigte sich immer wieder, dass es in Bereichen mit unterschiedlichen Wandungsstärken aufgrund der unterschiedlichen



Abb. 4 Zur Nachbildung der unmittelbaren Umgebung des Ofenbefundes wurde eine Holzkonstruktion gebaut. Die Front wurde mit Schamottesteinen gesichert. – (Foto M. Herdick, RGZM).

Trocknungsgeschwindigkeiten gehäuft zu Rissen im Materialkörper kam. Diese Sektoren waren zwangsläufig auch besonders anfällig für thermische Rissbildungen im Brennbetrieb.

Für die Frage nach dem oberen Abschluss des Ofens wurde im Modell folgende Entscheidung getroffen und praktisch erprobt: Die vordere Ofenwandung wurde im Verhältnis zur hinteren Ofenwandung etwas tiefer ausgeführt. Die Reduzierung der Wandungshöhe über dem Feuergitter sorgte in jedem Fall für eine Gewichtsreduktion in diesem neuralgischen Bereich, die bei einer 1:1-Rekonstruktion noch größere Bedeutung haben dürfte.

Bei der Rekonstruktion eines Töpferofenbefundes liegt der Fokus in der Regel zunächst auf dem Ofenkörper. Für die Rekonstruktion nicht weniger wichtig ist die Simulation der unmittelbaren Ofenumgebung, die teilweise auch stabilisierende Funktion übernimmt. Im konkreten Fall wurde das Modell auf drei Seiten durch Holzwände begrenzt (**Abb. 4**), die es ermöglichten, die Rekonstruktion in einer Hangesituation bzw. in das Erdreich eingetieft darzustellen. Im Bereich des Schürkanals wurde das Erdreich durch Schamottesteine stabilisiert.

Während des Modellbaus (**Abb. 3**) wurden auch die Positionen der Temperaturfühler zur Aufzeichnung der Brennkurve und Temperaturverteilung im Modell

bestimmt. Neben der konstruktiven Ausführung und Erprobung technischer Lösungen, die für das Einbohren der Führungsrohre und deren Zugänglichkeit notwendig waren, erfolgte beim Brennbetrieb des Modells auch die Evaluierung der Messpositionen im Brennraum.

Der Zwischenschritt eines Modellbaus, als Vorbereitung auf die 1:1-Rekonstruktion, dient zusammengefasst dem Zweck, Argumente für und wider strittige Rekonstruktionsvarianten zu erarbeiten. Ihre Erprobung im Rahmen eines funktionsfähigen technischen Modells bietet die Möglichkeit, den Weg dorthin transparent und nachvollziehbar zu dokumentieren. Dadurch sollen Entscheidungswege innerhalb des Forschungsprojekts auch durch die Scientific Community besser evaluierbar werden. Untersuchungen an einem maßstabsreduzierten Töpferofenmodell können jedoch nicht die experimentalarchäologische Analyse einer 1:1-Rekonstruktion ersetzen, weil sich die keramiktechnologischen Rahmenbedingungen eines Originalbefundes eben nicht einfach verkleinern lassen. Das gilt auch und gerade für die wichtigen Parameter der Temperaturentwicklung und -verteilung im Ofen. Hierzu können am Modell nur Tendenzen erfasst werden, da diese Faktoren immer in Abhängigkeit zur Größe der Brennanlagen stehen. Der anvisierte Nutzen des Modelleinsatzes ist die Reduktion des ökonomischen Aufwandes auf dem Weg zur Realisierung einer 1:1-Rekonstruktion. Am Modell können Zweifel an der Plausibilität einer Rekonstruktionsvariante mit geringerem Aufwand korrigiert und alternative Varianten erprobt werden, noch bevor es zur Ausführung einer finalen 1:1-Rekonstruktion kommt. Die Projektleiter – Michael Herdick und Gregor Döhner – sind sich dabei bewusst, dass der Einsatz analoger technischer Modelle in der Experimentellen Keramikarchäologie bis heute

noch nicht umfassend methodisch reflektiert und praktisch erprobt wurde. Eine echte Evaluierung des hier skizzierten Modelleinsatzes unter wissenschaftlichen und ökonomischen Gesichtspunkten kann also erst nach der experimentalarchäologischen Erprobung der 1:1-Rekonstruktion des diskutierten Ofenbefundes erfolgen. Die Reduktion des ökonomischen Aufwands in all seinen Facetten, um Handlungsspielräume bei der Erprobung konstruktiver und funktionaler Details im Rekonstruktionsprozess zu schaffen, ist ein ganz entscheidender Faktor für die Zukunftsfähigkeit der Experimentellen Archäologie. Erhebliche Forschungsleistungen der Experimentellen Archäologie werden bis heute ganz oder teilweise von Akteuren außerhalb etablierter Forschungsinstitutionen geleistet, die nur geringe Spielräume haben, um spezifische Forschungsausgaben rechtfertigen zu können. Für Förderanträge bei etablierten wissenschaftlichen Drittmittelinstitutionen sind methodisch abgesicherte Kostenpläne, die durch Erfahrungswerte untermauert sind, hilfreich, um den notwendigen ökonomischen Aufwand besser beurteilen zu können.

DER EXPERIMENTALBRAND DES MODELLS

Für den Experimentalbrand des Modells wurde der Besatz mit Kugeltöpfen, der sich aus dem Befund ableiten ließ, ebenfalls im Maßstab 1:3 verkleinert. Die Gefäße wurden aus Industrietonen hergestellt, deren Brenneigenschaften bekannt waren. Im Brennraum des Originalbefundes konnten Fehlbrände unmittelbar hinter dem Feuergitter dokumentiert werden. Ihre genaue Funktion und Entstehung konnte aus der Befundsituation heraus nicht eindeutig geklärt werden. Es erscheint am plausibelsten, dass die Töpfer hinter dem Feuergitter bewusst Gefäße oder Gefäßfragmente zum Abfangen des Prallfeuers einsetzten. Dadurch wurde auch die unterste Lage des eingesetzten Brennguts geschützt. Dieses bis in die Neuzeit hinein durchaus gängige Verfahren hat eine gewisse methodische Brisanz. Wenn die Töpfer davon ausgingen, dass bestimmte Zonen besonders anfällig für Fehlbrände waren, aber hier aus Stabilitätsgründen Keramik eingebracht werden musste, war es naheliegend, hier Gefäßbruch aus der Abfallhalde einzusetzen. So konnten also auch Keramikfragmente in einen Ofen gelangen, die ursprünglich zum ersten Mal in einem anderen Ofen gebrannt worden waren. Für den Experimentalbrand wurden dafür drei sog. Platzhalter eingesetzt (**Abb. 5**)¹⁸. Der restliche Besatz wurde ohne Stapelhilfen direkt aufeinander gestapelt. Bei stehenden Öfen wird das Feuer direkt unter dem Besatz angelegt. Je nachdem, wie eng oder locker das Brenngut eingestapelt wird, kann die Temperaturverteilung im Brennraum beeinflusst werden. Bei unserem Befund liegt das Feuer jedoch vor dem Besatz. Daher muss bereits beim Einstapeln darauf geachtet werden, dass die Flamme sowohl nach hinten als auch nach oben gelenkt wird.

Die Abdeckung des Besatzes erfolgte mit Deckschalen und Schalenfragmenten aus Keramik (**Abb. 4**). Aufgrund der leicht ovalen Ofenform am oberen Abschluss wurde der Bereich unmittelbar hinter der vorderen Ofenwandung dichter gestapelt, damit die Flamme den längeren Weg nimmt und auch den dahinter liegenden Besatz gleichmäßig aufheizt. Vor Beginn der Heizphase wurde eine ideale Brennkurve festgelegt, um die Aufheizintervalle zu bestimmen. Da es sich um eine nicht verfestigte Brennanlage mit hoher Restfeuchte handelte, wurde innerhalb von 4 Stunden langsam auf durchschnittlich 100 °C geheizt. Dadurch war ausreichend Zeit gegeben, um das restliche Anmachwasser aus dem Ofenmodell und dem Besatz entweichen zu lassen. Danach sollte mit 80 °C pro Stunde auf 400 °C geheizt werden. Das Ofenmodell war bis 18:45 Uhr und bei einer Durchschnittstemperatur von 400 °C gut zu steuern. Dann kam es zu einem Temperaturanstieg von fast 200 °C. Erst ab 19:30 Uhr und bei einer Temperatur von 625 °C konnte der Temperaturanstieg wieder auf 100 °C pro Stunde abgesenkt und in der Folge gehalten werden (**Abb. 6**). Anhand der Erklärung dieses Phänomens lässt sich zunächst einmal anschaulich zeigen, wo die Grenzen eines im Maßstab verkleinerten Ofenmodells liegen. Gerade dadurch kann aber auch wieder unser Verständnis für die Bedeutung



Abb. 5 Die unterste Lage der eingesetzten Kugeltöpfe vor dem Feuergitter wiesen den größten Grad an Versinterung auf. Die weißen »Platzhalter« (s. Anm. 18) wurden als Schutz vor dem Prallfeuer vor das Feuergitter gesetzt. Ähnliche Sicherungsstrategien beim Besatz sind auch für vormoderne Zeiten vorauszusetzen. – (Foto M. Herdick, RGZM).

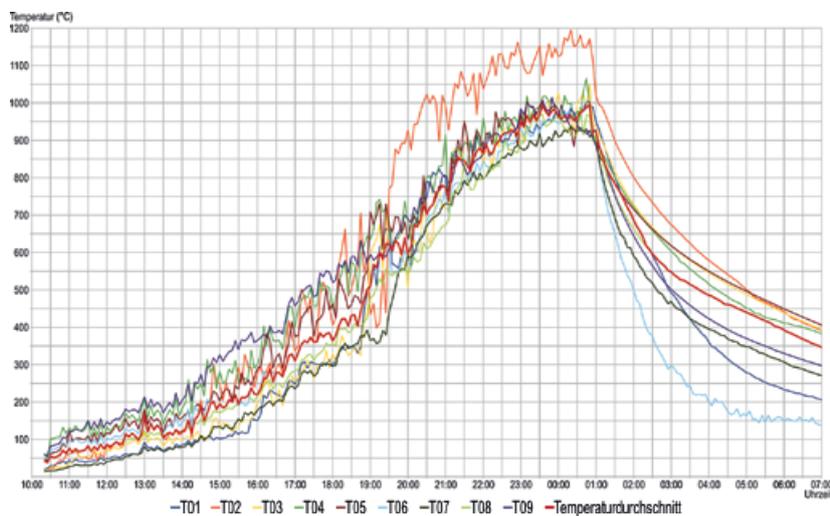


Abb. 6 Die Temperaturkurven der einzelnen Messfühler und die gemittelte Temperaturkurve (dunkelrot). – (Grafik B. Streubel, RGZM).

einzelner Konstruktionselemente wachsen. Der Hauptgrund für das beschriebene Brennphänomen ist der verkleinerte Schürkanal. Aufgrund seines verringerten Querschnitts ist es nicht möglich, das Feuer gezielt links und rechts aufzulegen und so bei Bedarf für einen notwendigen Temperatureausgleich bzw. eine Regulierung zu sorgen. Während des Experimentalbrandes wurde das versucht. Der gewählte Querschnitt sorgte aber dafür, dass die Flamme nicht geteilt wurde und in einem Zug in den Brennraum strömte. Erst als der Besatz vollständig durchgeglüht war, stellte sich wieder ein verbessertes Brennverhalten ein. Die Temperaturen der einzelnen Messstationen nähern sich in der Brennkurve wieder an.

Der Experimentalbrand im Ofenmodell lieferte überzeugende Hinweise auf die Temperatursteuerung und -verteilung für eine spätere Evaluierung der 1:1-Rekonstruktion. Ab 19:30 Uhr stieg die Temperaturkurve nur am Messfühler T 2, der zwischen den Feuerzügen in der Mitte der Brennraumsohle angebracht war, steil an. Gegen Ende des Brandes betrug sie fast 1200°C. Daraus ließ sich das Zugverhalten der Flamme, die dank der Feuerzüge unter dem Besatz entlangzieht, gut erfassen.

Die durchschnittliche Brennendtemperatur lag bei einer Haltezeit von 1,5 Stunden bei 990°C. Der Versuch einer mehr oder weniger gleichmäßigen Temperatursteigerung im Brennraum erwies sich als schwierig. Da

der Besatz mit größeren keramischen Fragmenten abgedeckt war, lag wie bei dem rekonstruierten Mayener Schachtofen¹⁹ bei der Verbrennung ein Luftüberschuss vor, der für eine Kühlung der Flamme sorgte. Die Konstruktionsweise des Ofenmodells, mit Schürkanal und vorgelagerter Feuerung, ermöglichte jedoch offensichtlich zumindest eine deutliche Temperatursteigerung zwischen den Feuerzügen.

Wertvolle Hinweise für die experimentalarchäologische Evaluierung der 1:1-Rekonstruktion konnten auch im Hinblick auf die Stabilität der Ofenwandung gewonnen werden. Die aufgetretenen Risse verliefen meist senkrecht von oben nach unten, d. h., sie begannen am Ofenrand. Bei allen Rissen, die von oben nach unten senkrecht verliefen, war zu erkennen, dass sie nicht bis zur Brennraumsohle durchliefen, sondern bereits oberhalb die Richtung wechselten und in einem sehr dünnen Riss meist horizontal ausliefen. Lediglich ein größerer, aber nicht durchlaufender Riss zeigte sich auch auf der Brennraumsohle. Die Grundstabilität des Ofenmodells war durch die Rissbildung nicht gefährdet. Das Ofenmodell könnte nach Einschätzung der Autoren mindestens noch ein weiteres Mal gebrannt werden. Bei der 1:1-Rekonstruktion ist mit einem weit weniger ausgeprägten Schadensbild zu rechnen. Die Verkleinerung der Anlage im Modell führte dazu, dass während des Heizens durch das Schürloch auf der Vorderseite des Ofens permanent hohe Temperaturen erzeugt wurden, die sich nicht langsam durch die Ofenwandung nach hinten ausbreiten konnten, sondern zu einem schnellen Aufheizen führten, weil der Brennraum sehr klein ist. Es gilt: je größer der Brennraum, umso länger der Temperaturweg und desto geringer die thermische Dehnung in kurzer Zeit.

Der Experimentalbrand im Ofenmodell lässt mit Blick auf das Brennergebnis die experimentalarchäologisch abgesicherte Hypothese zu, dass auf der Brennraumsohle des Originalbefundes Temperaturen von 1200 °C erzeugt werden konnten. Mit einer entsprechenden Einwirkzeit der Temperaturen auf den Besatz und bei der Verwendung geeigneter Tone, die bereits ab 1000 °C versintern, lassen sich in dieser Ofenkonstruktion teilversinterte Waren herstellen. In weniger stark aufgeheizten Bereichen des Brennraums entstand Irdenware.

Aus Sicht der Verfasser kann der Einsatz eines Modells als zielführend bezeichnet werden, weil daran Erkenntnisse für die Entscheidungsfindung bei der 1:1-Rekonstruktion gewonnen werden konnten. Eine abschließende differenzierte Bewertung wird jedoch erst nach der experimentalarchäologischen Evaluierung der Ofenrekonstruktion in Originalgröße möglich sein.

Anmerkungen

- 1) Roehmer 2001, bes. 467-471; Stephan 1988; 2011. – Zum Steinzeug aus Sicht des Töpferhandwerks: Hamer/Hamer 1990, 333-334.
- 2) Im Töpferhandwerk sind diese Begriffe nicht gebräuchlich.
- 3) Unstrittig ist das 12. Jh. eine Zeit des Aufbruchs auf kultureller und geistiger Ebene. Souveräner und kompakter Überblick zur Wissens- und Bildungsgeschichte im 12. Jh.: Classen 1981. Aufgrund der fehlenden schriftlichen Kodifizierung handwerklichen Wissens lässt sich eine Aufbruchsstimmung im Handwerk allerdings ungleich schlechter fassen als etwa in der Theologie und Philosophie, wo sich die Akteure in den Quellen auch persönlich zu Wort melden.
- 4) Zu den Anfängen in Siegburg: Roehmer 2007, 2-6. – Kurze Übersicht speziell aus materialkundlicher Sicht: Heimann/Maggetti 2014, 231-232.
- 5) Jones 1959, 25. Zum forschungsgeschichtlichen Kontext: Bauer 2017, 311.
- 6) Bauer 2006; 2017.
- 7) In diesem Kontext gehört das Anfertigen von Proto- und Faststeinzeug zu jenen Technologien, die unter rein technischen Gesichtspunkten ein überholtes Entwicklungsstadium repräsentieren, aber eine bemerkenswerte Langlebigkeit und sozial- wie wirtschaftsgeschichtliche Prägekraft entfaltet haben. Vgl. zu diesem Phänomen Edgerton 2008.
- 8) Zum anthropologisch-philosophischen Konzept: Ropohl 2008.
- 9) Gaimster 1997; Heimann/Maggetti 2014, 229-245; Stephan 2011; Roehmer 2007; 2015; Nienhaus 1984; Bienert 2015.
- 10) Döhner/Grunwald im Druck.
- 11) Überlegungen zu den frühen Steinzeugbränden in Mayen: Grunwald 2015a, 141-142.
- 12) Döhner/Grunwald Druck; Grunwald 2019, 42-44.
- 13) Döhner/Grunwald 2018, 71-72.

- 14) Döhner/Grunwald 2018, 71-72.
- 15) Döhner/Grunwald 2018, 74. – Zur Datierung Grunwald 2015c, 221.
- 16) Redknap 1999, 27 Abb. 3. 39. 46; Heege 2008, 76-77 Abb. 125. Der Rekonstruktion mit Kuppel stimmen die Verfasser jedoch ausdrücklich nicht zu, weil es dafür weder Belege noch eine keramiktechnologische Notwendigkeit gab.
- 17) Zur Theorie und zum Modellbegriff: Mahr 2008.
- 18) Der Einsatz von »Platzhaltern« ist insbesondere bei Reihenuntersuchungen in der Experimentellen Keramikarchäologie sinnvoll und notwendig. Der Zeit- und Ressourcenaufwand für einen kompletten Ofenbesatz ist eine besondere logistische Herausforderung. Die »Platzhalter« werden aus einem stark schamottierten Ton hergestellt und bei 900 °C geschrüht. Aufgrund ihrer Widerstandsfähigkeit können sie mehrfach als

Ofenbesatz im Niedertemperaturbereich eingesetzt werden. Damit sie die Brennergebnisse des Versuchsbrandes nicht beeinflussen, ist es notwendig, die Tongefäße, auf die der Einfluss des Brandes untersucht werden soll, beim Einstapeln des Besatzes gleichmäßig im Brennraum zu verteilen, um das Einwirken von Brennatmosfera und die Temperaturverteilung abbilden zu können. Die Durchführung eines Brandes richtet sich nach der empfindlichsten Warenart. In unserem Fall sind das die ungebrannten Rohlinge der Referenzstücke. Aufgrund ihres Restwassergehaltes kann die Brennkurve also bei einem Teilbesatz mit »Platzhaltern« grundsätzlich nicht anders geführt werden als bei einem kompletten Besatz mit Rohlingen.

- 19) Vgl. den Beitrag von G. Döhner u. a., »Überlegungen zum wirtschaftsgeschichtlichen Potenzial der Experimentellen Keramikarchäologie. Entwurf eines Betriebsmodells für einen spätantiken Schachtofen des Mayener Töpfereireviers« in diesem Band.

Literatur

Bauer 2006: R. Bauer, Gescheiterte Innovationen: Fehlschläge und technologischer Wandel. Campus Forsch. 893 (Frankfurt/Main 2006).

2017: R. Bauer, Gescheiterte Innovationen als Gegenstand technikhistorischer Forschung. In: W. Burr / M. Stephan (Hrsg.), Technologie, Strategie und Organisation (Wiesbaden 2017) 311-331.

Bienert 2015: B. Bienert, Eifelkeramik – zur hoch- und spätmittelalterlichen Keramikproduktion von Speicher, Herforst (beide Eifelkreis Bitburg-Prüm) und Binsfeld (Kreis Bernkastel-Wittlich). In: Grunwald 2015b, 301-314.

Classen 1981: P. Classen, Die geistesgeschichtliche Lage im 12. Jahrhundert: Anstöße und Möglichkeiten. In: P. Weimar (Hrsg.), Die Renaissance der Wissenschaften im 12. Jahrhundert. Zürcher Hochschulforum 2 (München 1981) 11-32.

Döhner/Grunwald 2018: G. Döhner / L. Grunwald, Mayener Keramikproduktion und Töpferofentechnologie von der römischen Epoche bis in das Spätmittelalter. In: H. Stadler / L. Obojes (Hrsg.), Keramik zwischen Werbung, Propaganda und praktischem Gebrauch. Beiträge vom 50. Internationalen Symposium Keramikforschung in Innsbruck 2017. Nearchos 23 (Innsbruck 2018) 63-81.

im Druck: G. Döhner / L. Grunwald, Beobachtungen zur Produktion gesinterter Waren in den Töpfereien von Mayen in der Eifel von der Spätantike bis in das 15. Jahrhundert. In: C. Wenzel (Hrsg.), Keramik im häuslichen und repräsentativen Gebrauch. Beiträge des 52. Internationalen Keramik-Symposiums bei der Stiftung »Fürst-Pückler-Park Bad Muskau«, im Neuen Schloss Bad Muskau, vom 16. bis 20.09.2019 (im Druck).

Edgerton 2008: D. Edgerton, The Shock of the Old: Technology and Global History since 1900 (London 2008).

Gaimster 1997: D. R. M. Gaimster, German Stoneware, 1200-1900: Archaeology and Cultural History: Containing a Guide to the Collections of the British Museum, Victoria & Albert Museum, and Museum of London (London 1997).

Grunwald 2015a: L. Grunwald, Keramische Luxuswaren aus den spätmittelalterlichen Töpfereien von Mayen (Lkr. Mayen-Kob-

lenz). Anmerkungen zu Siedlung, Werkstätten und zwei Krugfragmenten mit anthropomorphen Verzierungen. Arch. Korrb. 45, 2015, 137-151.

2015b: L. Grunwald (Hrsg.), Den Töpfern auf der Spur. Orte der Keramikherstellung im Licht der neuesten Forschung. Tagungsband des 46. Internationalen Symposiums Keramikforschung Mayen, 16. bis 20. September 2013. RGZM – Tagungen 21 (Mainz 2015).

2015c: L. Grunwald, Keramik aus den Tuffbergwerken im Krufter Bachtal. In: H. Schaaff, Antike Tuffbergwerke am Laacher See-Vulkan. Monogr. RGZM 107 = Vulkanpark-Forsch. 11 (Mainz 2015) 215-221.

2019: L. Grunwald, Die »Mayener Ware« zwischen Produkt, Handel und Distributionsgebiet (4. bis 14. Jahrhundert). In: M. Schmauder / M. Roehmer (Hrsg.), Keramik als Handelsgut. Produktion – Distribution – Konsumtion. Tagungsband des 49. Internationalen Symposiums Keramikforschung Bonn, 19. bis 23. September 2016. Bonner Beitr. Vor- u. Frühgesch. Arch. 23 (Bonn 2019) 37-47.

Hamer/Hamer 1990: F. Hamer / J. Hamer, Lexikon der Keramik und Töpferei: Material, Technik, Geschichte (Augsburg 1990).

Heege 2008: A. Heege, Töpferöfen: die Erforschung frühmittelalterlicher bis neuzeitlicher Töpferöfen (6.-20. Jahrhundert) in Belgien, den Niederlanden, Deutschland, Österreich und der Schweiz [aus Anlaß des 40. Internationalen Hafnerei-Symposiums in Oberzell, Bayern, 2007]. Basler H. Arch. 4 (Basel 2008).

Heimann/Maggetti 2014: R. B. Heimann / M. Maggetti (Hrsg.), Ancient and Historical Ceramics: Materials, Technology, Art and Culinary Traditions (Stuttgart 2014).

Jones 1959: H. M. Jones, Ideas, History, Technology. Technology and Culture 1/1, 1959, 20-27.

Mahr 2008: B. Mahr, Ein Modell des Modellseins – ein Beitrag zur Aufklärung des Modellbegriffs. In: U. Dirks / E. Knobloch (Hrsg.), Modelle (Berlin 2008) 187-220.

- Nienhaus 1984: H. Nienhaus, Zum Krugbäckerhandwerk im Westerwald. Vom schlichten Haushaltsgeschirr über kunstvolle Prunkgefäße zu Brunnenkrügen. *Keramos* 106, 1984, 39-68.
- Redknap 1999: M. Redknap, Die römischen und mittelalterlichen Töpfereien in Mayen, Kreis Mayen-Koblenz. *Ber. Arch. Mittelrhein u. Mosel* 6, 1999, 11-401.
- Roehmer 2001: M. Roehmer, Steinzeug. In: H. Lüdtke / K. Schietzel (Hrsg.), *Handbuch zur mittelalterlichen Keramik in Nordeuropa*. *Schr. Arch. Landesmus.* 6 (Neumünster 2001) 465-538.
- 2007: M. Roehmer, Siegburger Steinzeug. Die Sammlung Schulte in Meschede. *Denkmalpfl. u. Forsch. Westfalen* 46 (Mainz 2007).
- 2015: M. Roehmer, Formen: funktional und modisch – typologischer und chronologischer Überblick zum Siegburger Tischgeschirr des Mittelalters. In: Grunwald 2015b, 341-348.
- Ropohl 2008: G. Ropohl, Homo faber: Die Macht des Machens. In: H. Schmidinger / C. Sedmak (Hrsg.), *Der Mensch – ein kreatives Wesen? Topologien des Menschlichen* 5 (Darmstadt 2008) 259-274.
- Stephan 1988: H.-G. Stephan, Steinzeug und Irdenware: Diskussionsbeiträge zur Abgrenzung und Definition mittelalterlicher deutscher Steinzeuggruppen. In: D. R. M. Gaimster / M. Redknap / H.-H. Wegner (Hrsg.), *Zur Keramik des Mittelalters und der beginnenden Neuzeit im Rheinland. Medieval and Later Pottery from the Rheinland and Its Markets*. *BAR Internat. Ser.* 440 (Oxford 1988) 81-117.
- 2011: H.-G. Stephan, Stoneware Production. In: M. Carver / J. Klápště (Hrsg.), *The Archaeology of Medieval Europe. 2: Twelfth to Sixteenth Centuries*. *Acta Jutlandica. Hum.* 9 (Aarhus 2011) 291-294.

Zusammenfassung / Summary / Résumé

»Unvollendete Technik«!? Eine experimentalarchäologische Studie am Modell eines Mayener Töpferofens (2. Hälfte 12./1. Hälfte 13. Jahrhundert)

Die Rekonstruktion eines Mayener Töpferofens wird detailliert dargestellt. Der Nachbau als 1:3-Modell für den Experimentalbetrieb als Vorstudie zu einer 1:1-Rekonstruktion wird methodenkritisch diskutiert. Als Ergebnis des Brennversuchs kann festgehalten werden, dass auf der Ofensohle Temperaturen von 1200°C erreicht werden konnten. Dadurch konnten teilversinterte Waren entstehen. Möglichkeiten und Grenzen des Modelleinsatzes in der Experimentellen Keramikarchäologie werden abschließend analysiert.

»Unfinished Technology«!? An Experimental Archaeological Study on the Model of a Mayen Pottery Kiln (2nd Half 12th/1st Half 13th Century)

The reconstruction of a Mayen pottery kiln is presented in detail. The reconstruction as a 1:3 model for experimental use as a preliminary study for a 1:1 reconstruction is methodologically discussed. As a result of the firing test, it can be stated that temperatures of 1200°C could be reached on the kiln floor. This made it possible to produce partially sintered products. The possibilities and limitations of using models in experimental pottery archaeology are also discussed.

»Technologie inachevée«!? Une étude d'archéologie expérimentale sur le modèle d'un four de potier de Mayen (2^e moitié du 12^e/1^e moitié du 13^e siècle)

La reconstitution d'un four de potier de Mayen est présentée en détail. La reproduction sous forme de modèle 1:3 pour une utilisation expérimentale comme étude préliminaire à une reconstruction 1:1 fait objet d'une discussion critique sur le plan méthodologique. Le résultat de l'essai de cuisson permet d'affirmer qu'il a été possible d'atteindre des températures de 1200°C sur la sole du four. Par conséquent, des produits partiellement frittés pouvaient être fabriqués. Les possibilités et les limites de l'utilisation de modèles dans l'archéologie expérimentale de la poterie sont analysées en conclusion.

Schlüsselwörter / Keywords / Mots-clés

Mittelalter / Experimentelle Keramikarchäologie / Proto- und Faststeinzeug / teilversinterte Ware / Modell / gescheiterte Innovationen / experimentalarchäologische Methoden

Middle Ages / experimental pottery archaeology / proto- and near-stoneware / partially sintered ware / model / failed innovations / experimental archaeological methods

Moyen Âge / archéologie expérimentale de la poterie / proto- et presque-grès / vaisselle partiellement frittée / modèle / innovations échouées / méthodes d'archéologie expérimentale